

ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ADANYA ARUS NETRAL DAN RUGI DAYA PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT.PLN (PERSERO) ULP SENTANI PENYULANG JAMBU

Risal Sattu¹, Aris Sampe², Theresia Wuri Oktafiani³, Djuardrensi Patabang⁴

^{1,2,3,4} Fakultas Teknik/Universitas Cenderawasih/Indonesia
Email: risalg504@gmail.com

Info Artikel

Histori Artikel:
Diterima 10 04, 2024
Direvisi 20 05, 2024
Disetujui 05 05, 2024

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the percentage of transformer loading, the percentage of transformer load imbalance, power loss, and the percentage of losses due to neutral current in the transformer neutral conductor. The methods used in this study were literature review, observation, and direct measurement on the distribution transformer at the Jambu Substation. The results of the study showed that the highest transformer loading percentage during WBP occurred on transformer STN-206 with a loading percentage of 153.34%, while the lowest loading occurred on transformer STN-039 with a percentage of 7.04%. The highest transformer load percentage during WBP occurred in the STN-206 transformer with a load percentage of 185.21%, while the lowest load occurred in the STN-038 transformer with a percentage of 7.07%. The highest transformer load imbalance percentage during LWBP was recorded at transformer STN-224 with a percentage of 34%, while the lowest load imbalance was recorded at transformers STN-036 and STN-038 with a percentage of 2%. The highest transformer load imbalance percentage during WBP occurred at transformer STN-038 at 31.33%, while the lowest load imbalance occurred at transformers STN-039 and STN-038 at 6%. The higher the neutral current flowing through the neutral conductor of the distribution transformer (I_N), the greater the losses in the neutral conductor of the transformer. Based on the results of the graph analysis, it can be seen that the STN-030 transformer substation has transformer power losses of 105.75 Watts and 5,381.03 Watts at LWBP and WBP, while the percentage of losses due to neutral current in the transformer neutral conductor is 2.38% and 23.58% at LWBP and WBP. Thus, the total transformer power loss on the Jambu feeder is 5,971.35 Watts on the LWBP and 11,624.04 Watts on the WBP. The percentage of total losses due to neutral current in the transformer neutral conductor is 3.38% on the LWBP and 23.68% on the WBP.

Keywords: Transformer loading, Load imbalance, Transformer losses

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase pembebanan trafo, persentase ketidakseimbangan beban trafo, susut daya dan persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi literatur, observasi dan pengukuran langsung pada trafo gardu distribusi Penyulang Jambu. Hasil penelitian menunjukkan persentase pembebanan trafo pada saat LWBP paling besar terjadi pada trafo STN-206 dengan persentase pembebanan 153,34% sedangkan pembebanan terendah terjadi pada trafo STN-039 dengan persentase 7,04%. Persentase pembebanan trafo pada saat WBP paling besar terjadi pada trafo STN-206 dengan persentase pembebanan 185,21% sedangkan pembebanan terendah terjadi pada trafo STN-038 dengan persentase 7,07%. Persentase ketidakseimbangan beban trafo pada saat LWBP paling besar terjadi pada trafo STN-224 dengan persentase 34% sedangkan ketidakseimbangan beban terendah terjadi pada trafo STN-036 dan STN 038 dengan persentase 2%. Persentase ketidakseimbangan beban trafo pada saat

WBP paling besar terjadi pada trafo STN-038 sebesar 31,33% sedangkan ketidakseimbangan beban terendah terjadi pada trafo STN-039 dengan persentase 6%. Semakin besar arus netral yang mengalir di penghantar netral transformator distribusi (I_N) maka semakin besar losses pada penghantar netral transformator. Berdasarkan hasil analisa grafik terlihat bahwa gardu trafo STN-030 terdapat rugi daya trafo sebesar 105,75 Watt dan 5.381,03 Watt pada LWBP dan WBP sedangkan persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah 2,38 % dan 23,58% pada LWBP dan WBP. Dengan demikian rugi daya trafo total pada penyulang Jambu sebesar 5.971,35 Watt pada LWBP dan 11.624,04 Watt pada WBP. Sedang persentase total losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah 3,38% pada LWBP dan 23,68 % pada WBP.

Kata Kunci: Pembebanan trafo, Ketidakseimbangan beban, Rugi-rugi trafo

Penulis Korespondensi:

Risal Sattu,

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,

Universitas Cenderawasih,

Email: risalg504@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik yang mempunyai peranan penting karena berhubungan langsung dengan konsumen terutama konsumen energi listrik dengan tegangan rendah 220 Volt. Pihak konsumen membutuhkan energi listrik dengan mutu penyaluran yang handal, sedang pihak perusahaan penyedia listrik dihadapkan pada masalah kesanggupan melayani permintaan kebutuhan energi listrik tersebut. Hal tersebut seringkali menyebabkan sistem distribusi jaringan tegangan rendah tidak seimbang/merata, karena pada umumnya konsumen jaringan tegangan rendah memanfaatkan tenaga listrik satu fasa. Apabila penyambungan pelanggan ke sistem jaringan tegangan rendah tidak memperhatikan pembebanan pada masing-masing fasa, maka pada akhirnya jaringan tegangan rendah akan mengalami ketidakseimbangan beban. Salah satu akibat ketidakseimbangan beban adalah mengalirnya arus pada kawat netral. Arus yang mengalir pada kawat netral ini akan menyebabkan panas, sehingga secara tidak langsung akibat dari ketidakseimbangan beban ikut menyumbang kerugian bagi pihak PLN selaku produsen listrik. Jika ketidakseimbangan beban dibiarkan akan meningkatnya susut daya pada jaringan distribusi dan berisiko rusaknya trafo. Hal tersebut juga bisa membatasi kemampuan pemuatan trafo distribusi jauh dibawah nilai nominalnya (Bina & A. Kashefi, 2011). Metode yang dilakukan dalam penelitian

ini adalah melakukan observasi dan pengukuran langsung pada trafo distribusi penyulang Jambu. Data - data beban trafo yang di ukur adalah arus dan tegangan berdasarkan Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP), kemudian data tersebut dikelompokkan berdasarkan urutan fasanya (R-S-T-N), selanjutnya akan dianalisis berdasarkan rumus pembebanan trafo dan ketidakseimbangan beban trafo serta susut daya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Studi Literatur

Literatur-literatur yang dikumpulkan sebagai referensi penulisan diperoleh dengan membaca, memahami dan mempelajari buku referensi, jurnal- jurnal, catatan-catatan kuliah ataupun artikel yang digunakan untuk mempelajari rumusan-rumusan yang berkaitan tentang perhitungan rugi - rugi daya akibat ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi 20 kV / 380 V.

2.2 Pengumpulan Data

pengumpulan data diuraikan menjadi dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder yang diperoleh dari pihak PT.PLN ULP SENTANI serta membaca buku, jurnal-jurnal, catatan kuliah dan artikel yang berhubungan dengan perhitungan ketidakseimbangan beban dan losses pada transformator distribusi 20 kV / 380 V.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data hasil pengukuran pembebanan transformator penyulang Jambu pada saat LWBP dan WBP

| No Gardu | Daya (Kva) | Tegangan Sekunder (Vlot) | Jam Ukur | Waktu | Arus Ampere | | | | | | Tegangan | | | |
|----------|------------|--------------------------|----------|-------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|
| | | | | | R | S | T | N | R-N | S-N | T-N | R-S | S-T | R-T |
| STN-030 | 100 | 400 | 18.30 | WBP | 56 | 65 | 49 | 22 | 221 | 232 | 235 | 405 | 403 | 404 |
| | | | 11.45 | LWBP | 57 | 49 | 51 | 15 | 234 | 235 | 230 | 405 | 405 | 400 |
| STN-031 | 200 | 400 | 11.45 | LWBP | 38 | 32 | 35 | 17 | 225 | 226 | 231 | 398 | 396 | 398 |
| | | | 17.21 | WBP | 57 | 55 | 41 | 32 | 225 | 226 | 231 | 398 | 396 | 394 |
| STN-036 | 200 | 400 | 18.50 | WBP | 150 | 127 | 146 | 71 | 225 | 226 | 226 | 398 | 396 | 397 |
| | | | 11.00 | LWBP | 107 | 104 | 102 | 36 | 230 | 231 | 231 | 395 | 398 | 398 |
| STN-037 | 100 | 400 | 18.20 | WBP | 63 | 53 | 48 | 34 | 227 | 228 | 226 | 396 | 397 | 395 |
| | | | 11.15 | LWBP | 45 | 37 | 56 | 26 | 230 | 227 | 229 | 398 | 395 | 396 |
| STN-038 | 160 | 400 | 18.55 | WBP | 24 | 10 | 15 | 17 | 228 | 228 | 227 | 396 | 397 | 400 |
| | | | 11.11 | LWBP | 39 | 38 | 40 | 15 | 230 | 225 | 229 | 396 | 397 | 398 |
| STN-039 | 400 | 400 | 18.30 | WBP | 42 | 46 | 50 | 22 | 231 | 227 | 227 | 396 | 394 | 399 |
| | | | 11.24 | LWBP | 35 | 39 | 48 | 23 | 231 | 227 | 231 | 396 | 395 | 399 |
| STN-206 | 100 | 400 | 18.10 | WBP | 239 | 265 | 298 | 107 | 229 | 229 | 229 | 394 | 396 | 394 |
| | | | 10.40 | LWBP | 208 | 216 | 240 | 66 | 230 | 230 | 226 | 398 | 397 | 396 |
| STN-224 | 100 | 400 | 11.16 | LWBP | 104 | 57 | 45 | 40 | 225 | 229 | 231 | 398 | 395 | 398 |
| | | | 18.59 | WBP | 110 | 83 | 78 | 56 | 225 | 230 | 230 | 398 | 392 | 397 |
| STN-259 | 100 | 400 | 18.12 | WBP | 58 | 77 | 60 | 38 | 230 | 228 | 226 | 394 | 392 | 396 |
| | | | 10.33 | LWBP | 37 | 48 | 40 | 22 | 227 | 230 | 230 | 398 | 399 | 398 |
| STN-265 | 200 | 400 | 18.56 | WBP | 35 | 49 | 32 | 15 | 227 | 231 | 226 | 397 | 399 | 398 |
| | | | 10.25 | LWBP | 61 | 62 | 66 | 55 | 230 | 230 | 229 | 395 | 397 | 396 |

3.1 Analisa Persentase Ketidakseimbangan Beban Trafo Distribusi STN-030 Penyulang Jambu

Dengan menggunakan persamaan koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus fasa (I) dalam keadaan seimbang sama dengan besarnya arus rata-rata (I rata-rata), Besar ketidakseimbangan beban yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut :

Pada waktu LWBP

$$I_R = a \times I, \text{ maka } a = \frac{I_R}{I} = \frac{57}{52,33} = 1,09$$

$$I_S = b \times I, \text{ maka } b = \frac{I_S}{I} = \frac{49}{52,33} = 0,94$$

$$I_T = c \times I, \text{ maka } c = \frac{I_T}{I} = \frac{51}{52,33} = 0,97$$

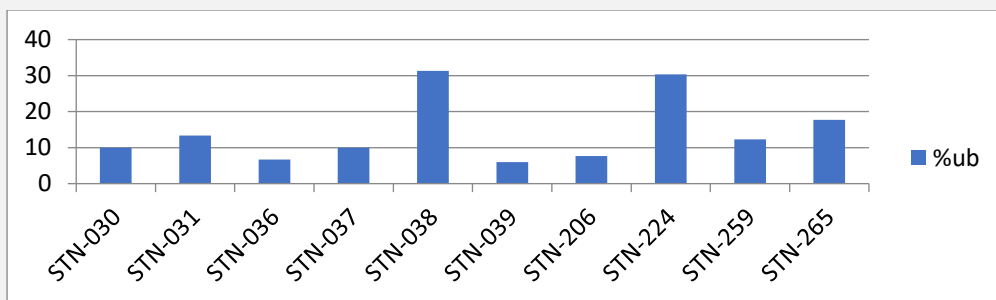
Berdasarkan perhitungan di atas, persentase rata-rata ketidakseimbangan beban pada saat LWBP dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ketidakseimbangan (\%)} &= \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\% \\ &= \frac{\{|1,09-1|+|0,94-1|+|0,97-1|\}}{3} \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama untuk WBP diperoleh ketidakseimbangan sebesar 0,253%.

Untuk perhitungan persentase ketidakseimbangan beban trafo selanjutnya pada saat LWBP, perhitungan persentase ketidakseimbangan beban trafo distribusi pada

saat LWBP dimana pada gardu STN-036 dan STN-038, ketidakseimbangan beban terkecil sebesar 2% dan paling tinggi ketidakseimbangan beban terjadi pada Gardu Jambu-224 sebesar 34%.

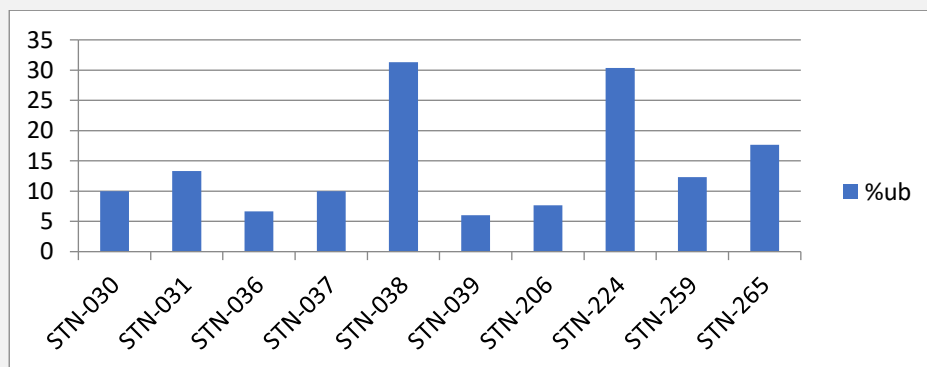


Gambar 1 Grafik ketidakseimbangan beban pada saat LWBP

Pada grafik diatas terlihat bahwa ketidakseimbangan beban sebesar 34% dan ketidakseimbangan beban tidak merata dimana ketidakseimbangan beban yang terkecil sebesar 2% pada gardu STN-224 terlihat bahwa 2% pada gardu STN-036 dan STN-038.

Tabel 2 Persentase Ketidakseimbangan Beban Trafo Distribusi pada saat WBP

| No.Gardu | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>a-l</i> | <i>b-l</i> | <i>c-l</i> | <i>jumlah</i> | <i>%</i> |
|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|---------------|----------|
| STN-030 | 0,99 | 1,15 | 0,86 | 0,01 | 0,15 | 0,14 | 0,3 | 10 |
| STN-031 | 1,12 | 1,08 | 0,8 | 0,12 | 0,08 | 0,2 | 0,4 | 13,33 |
| STN-036 | 1,06 | 0,9 | 1,04 | 0,06 | 0,1 | 0,04 | 0,2 | 6,67 |
| STN-037 | 1,15 | 0,97 | 0,88 | 0,15 | 0,03 | 0,12 | 0,3 | 10 |
| STN-038 | 1,47 | 0,61 | 0,92 | 0,47 | 0,39 | 0,08 | 0,94 | 31,33 |
| STN-039 | 0,91 | 1 | 1,09 | 0,09 | 0 | 0,09 | 0,18 | 6 |
| STN-206 | 0,89 | 0,99 | 1,11 | 0,11 | 0,01 | 0,11 | 0,23 | 7,67 |
| STN-224 | 1,69 | 0,92 | 0,86 | 0,69 | 0,08 | 0,14 | 0,91 | 30,33 |
| STN-259 | 0,89 | 1,18 | 0,92 | 0,11 | 0,18 | 0,08 | 0,37 | 12,33 |
| STN-265 | 0,91 | 1,27 | 0,83 | 0,09 | 0,27 | 0,17 | 0,53 | 17,67 |



Gambar 2 Grafik ketidakseimbangan beban pada saat WBP

Pada table dan grafik diatas terlihat bahwa presentase ketidakseimbangan beban pada WBP paling besar pada Gardu STN-038 sebesar 31,33 % dan terkecil presentase ketidakseimbangan beban WBP pada gardu STN-039 sebesar 6 %.

3.2 Analisis Losses Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Trafo dan Losses Akibat Arus Netral yang Mengalir Ke Tanah Pada Trafo Distribusi STN-028, 100 kVA

Perhitungan pada penelitian ini menggunakan data penghantar kawat netral trafo dengan tahanan $R = 0,47 \Omega$ Dan $\cos \varphi: 0,85$. Dengan menggunakan rumus, maka losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya yaitu:

Pada waktu LWBP:

$$PN = IN^2 \times RN = (16)2 \times 0,47 = 105,75 \text{ Watt}$$

Untuk menghitung persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo, harus diketahui terlebih dahulu daya output trafo (Pouput):

$$Pouput = V \times Irata-rata \times \cos \omega = 100 \times 52,33 \times 0,85 = 4.448,05 \text{ Watt}$$

Dengan demikian,persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah : $\% PN = PN/Pouput \times 100\% = 105,75/4.448,05 \times 100\% = 2,38 \%$.

Berdasarkan hasil analisa diperoleh pada gardu trafo STN-030 terdapat rugi daya trafo pada saat LWBP sebesar 105,75 Watt dan sedangkan persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah 2,38 %. Dengan demikian rugi daya trafo total pada Penyulang Jambu sebesar 5.971,35 Watt pada LWBP.

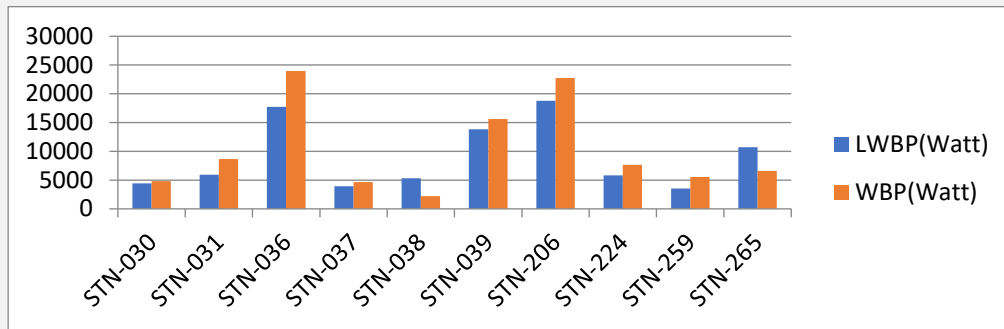
Pada waktu WBP:

$$PN = IN^2 \times RN = (22)2 \times 0,47 = 227.48. \text{ Watt}$$

Untuk menghitung persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo, harus diketahui terlebih dahulu daya output trafo (Pouput):

$$Pouput = V \times Irata-rata \times \cos \omega = 100 \times 56,67 \times 0,85 = 4.816.95 \text{ Watt}$$

Dengan demikian, persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah: $\% PN = PN/Pouput \times 100\% = 227.48/4.826.95 \times 100\% = 4,72 \%$



Gambar 3 Grafik rugi-rugi daya trafo distribusi penyulang Jambu pada saat LWBP dan WBP

Berdasarkan hasil analisa pada grafik di atas terlihat bahwa pada gardu trafo STN-206 terdapat rugi daya trafo WBP sebesar 5.381,03 Watt sedangkan persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah 23,68 %. Dengan demikian rugi daya trafo total pada Penyulang Jambu sebesar 11.624,04 Watt pada WBP.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dari hasil dan pembahasan, maka dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Persentase pembebanan trafo pada saat LWBP paling besar terjadi pada trafo STN-206 dengan persentase pembebanan 153,34% sedangkan pembebanan terendah terjadi pada trafo STN-031 dengan persentase 12,12%. Begitu pula persentase pembebanan trafo pada saat WBP paling besar terjadi pada trafo STN-206 dengan persentase pembebanan 185,21% sedangkan pembebanan terendah terjadi pada trafo STN-265 dengan persentase 13,4%.
- Persentase ketidakseimbangan beban trafo pada saat LWBP paling besar terjadi pada trafo STN-224 dengan persentase 34,00% sedangkan ketidakseimbangan beban terendah terjadi pada trafo STN-036 dengan persentase 2,00%. Begitu pula persentase ketidakseimbangan beban trafo pada saat WBP paling besar terjadi pada trafo STN-038 dengan persentase 31,33% sedangkan ketidakseimbangan beban terendah terjadi pada trafo STN-039 dengan persentase 6%.
- Besarnya rugi daya pada pada LWBP sebesar 5.971,35 Watt dan pada WBP sebesar 11.624,04 Watt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Kadir, *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Jakarta: UI - Press, 2000.
- [2] Al-Badi, A., A. Elmoudi, I. M., Al-Wahaibi, A., Al-Ajmi, H., & Al-Bulushi, M. (2011). Losses Reduction in Distribution Transformers. *International Multi Conference of Engineers and Computer Sciences*.
- [3] Ariyen Duri, Riana T. Mangesa, Udin Sidin Sidik (Tanpa Tahun), Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi Studi Kasus Pada PT.PLN (Persero) ULP Sungguminasa. Prodi JPTE-FT UNM1, Dosen Prodi JPTE-FT UNM2,3
- [4] Bina, M., & A. Kashefi. (2011). Three-phase Unbalance of Distribution Systems: Complementary. Analysis and Experimental Case Study. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*.
- [5] Dahlan Moh (2012), Akibat ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada transformator distribusi. Moh. Dahlan 1 ISSN: 1979-6870
- [6] Gamma Ayu Kartika Sari (2018), Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi Studi Kasus Pada PT.PLN (Persero) Rayon Blora Program Studi Teknik Elektro Fak Teknik Elektro UNS 2018
- [7] Hamles Leonardo Latupeirissa (2017), Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi Gardu KP-01 Desa Hative Kecil. *Jurnal Simetrik Vol 7, No. 2, Desember 2017 Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon*
- [8] Julius Sentosa Setiadji1, Tabrani Machmudsyah2, Yanuar Isnanto (2006), Pengaruh Ketidakseimbangan Beban

- Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi
- [9] Jurnal Teknik Elektro Vol. 6, No. 1, Maret 2006: 68 - 7368 FTI TE UK Petra.
- [10] Markus Dwiyanto Tobi Sogen (2018), Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi Di PT.PLN (Persero) Area Sorong. Jurnal Electro Luceat Vol. 4 No. 1 Juli 2018 Politeknik Katolik Saint Paul Sorong
- [11] Ruliyanto (2020), Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Arus Ground pada Trafo 1 dan Trafo 2 pada Beban Puncak Sesaat. Program Studi Teknik Elektro Universitas Nasional, Jakarta 12520
- [12] Sampe, A., Revassy, R. N., Liga, M., Oktaviani, T. W., Mangopo, D., Khaliq, I., & Kesowe, V. I. (2024). Prakiraan Kebutuhan Daya Beban Puncak Untuk Evaluasi Kapasitas Transformator Tenaga Yang Terpasang Gardu Induk Skyline Tahun 2023 Sampai 2042. *Jurnal teletronic*, 2(2), 9-19.